

Evaluación bajo cargas estáticas según la norma UNE-EN 13374 de barandillas de seguridad de obras fabricadas con tubos de acero y con tablas de madera



González García, M. Nieves

Grupo de Investigación UPM: Patología de Estructuras, Protecciones Colectivas y Medios Auxiliares de Edificación (PEPCYMAE).
Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control.
Universidad Politécnica de Madrid.
Avda. Juan de Herrera, 6. 28040, Madrid. España.
+34 91 336 75 69 / mariadelasnieves.gonzalez@upm.es



Cobo Escamilla, Alfonso

Grupo de Investigación UPM: Patología de Estructuras, Protecciones Colectivas y Medios Auxiliares de Edificación (PEPCYMAE).
Departamento de Tecnología de la Edificación.
Universidad Politécnica de Madrid.
Avda. Juan de Herrera, 6. 28040, Madrid. España.
+34 91 336 76 13 / alfonso.cobo@upm.es

ABSTRACT

En este trabajo se han evaluado analítica y experimentalmente, bajo cargas estáticas, sistemas provisionales de protección de borde (SPPB), fabricados con barandillas de sección tubular de acero y con barandillas de tablas de madera de pino silvestre. En ambos casos los postes de sección tubular de acero se han separado 2400 mm. Los resultados muestran que SPPB fabricados con barandillas de tubo de acero necesitan una sección de $40 \cdot 1,5$. Si el SPPB está fabricado con barandilla de madera de pino silvestre de altura 150 mm, la tabla de espesor 22 mm de cualquier calidad es válida como rodapié. Como barandilla principal se necesita utilizar un espesor de 30 mm para poder garantizar que con cualquier clasificación de la madera se pueden superar los requisitos establecidos por la norma UNE-EN 13374 para la evaluación de SPPB.

Palabras clave

Barandillas, Protección de caída, Obras de construcción, Seguridad

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se compara, analítica y experimentalmente, el comportamiento frente a cargas estáticas de SPPB clase A fabricados con postes de tubo de acero y barandillas de dos tipos: de tubo circular de acero y de tablas de madera de pino silvestre. La evaluación se ha realizado siguiendo las prescripciones de la norma EN 13374 [1], para sistemas clase A, analizando tres situaciones críticas: Estado Límite Último (ELU), Estado Límite de Servicio (ELS) y Carga Accidental (CA). La superación de cada una de las situaciones implica que $S_d \leq R_d$, donde S_d es el valor de cálculo del efecto de las acciones y R_d es la resistencia de cálculo correspondiente.

En ELU se comprueba que las barandillas y el poste deben estar diseñados para resistir una carga de 0,30 kN aplicada perpendicularmente al plano del sistema en los puntos más desfavorables. Para la evaluación frente a este estado límite, debe emplearse un coeficiente de mayoración de acciones γ_F de valor 1,5 para todas las cargas y un coeficiente de minoración de la resistencia del material γ_M , que para el acero es $\gamma_M = 1,1$ y para la madera toma el valor $\gamma_M = 1,3$. Con estos valores, la acción a aplicar en el caso de la comprobación de un elemento de acero es $F_H = 0,30 \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 0,50 \text{ kN}$, mientras que en el caso de elementos de madera, la carga a emplear es $F_H = 0,30 \cdot 1,5 \cdot 1,3 = 0,60 \text{ kN}$. Para superar el ELS, la flecha no debe ser mayor de 55 mm cuando se aplica una carga horizontal puntual al sistema de valor $F_{T1} = 0,30 \text{ kN}$, en el punto más desfavorable. Para la comprobación a CA, se indica que las barandillas deben resistir una carga puntual gravitatoria $F_D = 1,25 \text{ kN}$. Esta carga debe aplicarse en la posición más desfavorable del SPPB, dentro de un sector inclinado $\pm 10^\circ$ respecto de la vertical. Para la evaluación frente a ELS y CA, los coeficientes de mayoración de acciones y de minoración de la resistencia de los materiales toman el valor unidad.

Los resultados muestran que una parte importante de los SPPB utilizados en la práctica durante las obras de construcción, no son capaces de superar los requisitos indicados por la norma EN 13374 cuando se evalúan experimentalmente. Asimismo, para una luz entre postes de 2400 mm, los requisitos de flecha indicados por la norma son más exigentes que los requisitos de resistencia para SPPB con barandillas de acero de sección tubular circular [2] o barandillas de tablas de madera de pino silvestre [3].

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se han analizado tres SPPB como clase A fabricados en acero, con luz entre postes de 2400 mm y una altura de 1000 mm, medida desde el nivel de referencia hasta el borde superior de la barandilla principal. En los tres casos el rodapié empleado ha sido idéntico: telescópico y fabricado con chapa de acero conformado en frío. Las barandillas principal e intermedia y el poste se han resuelto con secciones tubulares de acero S235. Las orejetas de los postes son de acero S275. Los tres sistemas se han anclado a una viga de hormigón armado en la que se han embebido cartuchos de PVC preparados para alojar los postes (Tabla 1).

Tabla 1. Características geométricas de las secciones de los tres sistemas ensayados en acero.

| | Sistema 1 (S1) | Sistema 2 (S2) | Sistema 3 (S3) |
|-------------------|--|----------------|----------------|
| Barandillas | ○ 25 · 1,5 mm | ○ 40 · 1,5 mm | ○ 40 · 2 mm |
| Postes verticales | ○ 40 · 1,5 mm | □ 35 · 1,5 mm | ○ 40 · 2 mm |
| Rodapié | telescópico, fabricado en chapa metálica | | |

En la Figura 1 aparece la disposición y características geométricas del sistema 3 ensayado.

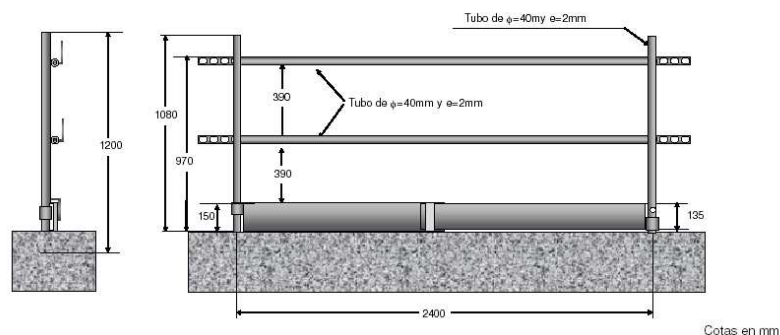


Figura 1. Disposición de elementos del SPPB 3 de acero.

También, se han ensayado, según EN 13374, 3 SPPB clase A, con elementos horizontales de madera de pino silvestre de espesor 22 mm. De los 3 sistemas, uno corresponde a madera de clasificación resistente C27, otro a madera C18 y otro a rechazo (REC). La geometría general de los SPPB de madera es idéntica a los sistemas ensayados en acero.

RESULTADOS

Tabla 2. Resultados de los ensayos de flecha y resistencia de los SPPB fabricados en acero.

| ELEMENTO | SISTEMA | FLECHA | | | RESISTENCIA | | |
|-----------------------|---------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----------------------------|---------------------|
| | | F_{T1} (kN) | δ (mm) | F_{H1} (kN) | R_u (kN) | $\delta_{m\acute{a}x}$ (mm) | δ_{res} (mm) |
| Barandilla principal | S1 | 0,30 | 66,67 | 0,50 | 0,57 | 138,24 | 30,27 |
| | S2 | 0,30 | 28,87 | 0,50 | 1,34 | 46,69 | 3,17 |
| | S3 | 0,30 | 21,66 | 0,50 | 1,94 | 37,20 | 1,20 |
| Barandilla intermedia | S1 | 0,30 | 56,67 | 0,50 | - | 112,39 | 17,67 |
| | S3 | 0,30 | 14,56 | 0,50 | - | 23,62 | 0,31 |
| Poste | S1 | 0,30 | 20,98 | 0,50 | 1,08 | 28,62 | 1,60 |
| | S2 | 0,30 | 19,48 | 0,50 | 0,82 | 34,12 | 6,25 |
| | S3 | 0,30 | 14,97 | 0,50 | 1,41 | 23,15 | 1,32 |
| Rodapié | S1 | 0,20 | 13,43 | 0,35 | 0,63 | 30,18 | 2,25 |

F_{T1} : Carga aplicada en la comprobación de flecha.

δ : Desplazamiento del sistema.

F_{H1} : Carga aplicada en la comprobación de resistencia.

R_u : Carga aplicada en la comprobación de resistencia última.

$\delta_{m\acute{a}x}$: Desplazamiento máximo.

δ_{res} : Desplazamiento residual tras la carga máxima aplicada.

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos en los ensayos de flecha y resistencia sobre los 3 sistemas fabricados en acero cuando las cargas se aplican en los puntos más desfavorables del sistema, es decir, en el centro de las barandillas superior e inferior y del rodapié y en el extremo superior del poste. Los valores

marcados en negrita en la Tabla 2 indican el no cumplimiento de los requisitos indicados en la norma EN 13374. De los tres sistemas ensayados únicamente el sistema 1 no ha superado el ensayo de CA.

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para los diferentes puntos de los sistemas ensayados fabricados con postes de acero y elementos horizontales de madera de pino silvestre, en los ensayos de flecha y de resistencia.

Tabla 3. Resultados de desplazamiento y resistencia para los sistemas de madera de espesor 22 mm.

| | | FLECHA | | RESISTENCIA | | |
|-----------------------|----------|----------------------|--------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | F _{T1} (kN) | δ (mm) | F _{H1} (kN) | δ _{máx} (mm) | δ _{res} (mm) |
| Barandilla principal | C27 (22) | 0,30 | 80,82 | 0,60 | - | - |
| | C18 (22) | 0,30 | 60,61 | 0,60 | 120,31 | 5,00 |
| | REC (22) | 0,30 | 88,59 | 0,60 | 178,31 | - |
| Barandilla intermedia | C27 (22) | 0,30 | 52,76 | 0,60 | 108,31 | 5,93 |
| | C18 (22) | 0,30 | 60,72 | 0,60 | 124,86 | 9,39 |
| | REC (22) | 0,30 | 65,37 | 0,60 | 136,31 | 9,20 |
| Rodapié | C27 (22) | 0,20 | 27,86 | 0,40 | 59,55 | - |
| | C18 (22) | 0,20 | 40,15 | 0,40 | 85,02 | 6,75 |
| | REC (22) | 0,20 | 45,10 | 0,40 | 96,91 | 5,87 |

DISCUSIÓN

Análisis de los resultados obtenidos en SPPB de acero

Los resultados indicados en la Tabla 2 muestran que únicamente el sistema 3 es capaz de superar los requisitos indicados por la norma EN 13374 para su evaluación experimental. El sistema 1, utilizado de forma habitual en obras, no supera los requisitos de flecha ni de resistencia. El sistema 2, que se utiliza en obras de forma excepcional, no supera el ensayo de resistencia. Únicamente el sistema 1 no supera el ensayo de CA.

El sistema 1 no cumple el requisito de flecha. El mayor nivel de desplazamiento se obtiene cuando la carga se aplica en el centro de la barandilla principal. Cuando se aplica una fuerza de 0,30 kN en el punto central de la barandilla principal, se obtiene un movimiento superior al límite establecido por la norma: 66,67 mm frente a 55 mm (Tabla 2). Por otra parte, el poste experimenta un movimiento de 20,98 mm (Tabla 2) al aplicar la totalidad de la carga sobre él, lo que indica que con una barandilla lo suficientemente rígida, podría superar el ensayo de flecha. En concreto y para superar este ensayo, la barandilla podría desplazarse $55,00 - 13,07 = 41,93$ mm. El rodapié, con un movimiento de 13,43 mm, cumple el requisito de flecha (Tabla 2).

Al aumentar la rigidez de la barandilla, el sistema 2 es capaz de cumplir el requisito de flecha, 28,87 mm frente a 55 mm en la barandilla principal (Tabla 2). Ocurre lo mismo en el sistema 3 cuya flecha máxima del sistema (21,66 mm) es todavía inferior a la del sistema 2.

La flecha del poste del sistema 2 se mantiene en valores similares a los del sistema 1.

El aumento de la rigidez de las secciones de barandilla y poste han dado como

resultado movimientos significativamente menores en el sistema 3.

En referencia a la respuesta mecánica del sistema, obtenida en las pruebas realizadas para comprobar los requisitos de resistencia, puede comprobarse que el sistema 1 no cumple la norma debido al comportamiento de las barandillas, y el sistema 2 tampoco supera la norma debido al elevado valor de la flecha residual, que supera al 10% de la máxima flecha instantánea.

En el caso del rodapié, se superan los ensayos de flecha y de resistencia (Tabla 2).

SPPB con barandillas de acero. Comparación con la evaluación analítica

Para el sistema 1 se ha comprobado que tanto analítica como experimentalmente, se obtiene el mismo resultado: no se supera el requisito de desplazamiento. Los sistemas 2 y 3 superan el requisito de desplazamiento en los dos tipos de evaluación. Los movimientos obtenidos en la evaluación experimental son mayores que los calculados analíticamente en todos los casos. En parte se explica porque el comportamiento del poste no se corresponde al modelo empotrado sino que existen movimientos importantes como consecuencia de las deformaciones del cartucho de plástico en el que se embebe el poste, obteniéndose experimentalmente mayores movimientos que analíticamente. Sería necesario para la evaluación analítica incorporar un modelo que tuviese en cuenta la interacción poste-cartucho de PVC-hormigón.

En la tabla 4 se muestra un resumen de los resultados frente al cálculo a ELU y el ensayo de resistencia para los tres sistemas.

Tabla 4. Comparación: resultados analíticos y experimentales en la comprobación de resistencia.

| | | ANALÍTICO | | EXPERIMENTAL | | |
|------------|----|-----------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------|
| | | M_{Sd} (kN·m) | M_{Rd} (kN·m) | F_{H1} (kN) | R_u (kN) | δ_{res} (mm) |
| Barandilla | S1 | 0,27 | 0,18 | 0,50 | 0,57 | 30,27 |
| | S2 | 0,27 | 0,48 | 0,50 | 1,34 | 3,17 |
| | S3 | 0,27 | 0,62 | 0,50 | 1,94 | 1,20 |
| Poste | S1 | 0,45 | 0,48 | 0,50 | 1,08 | 1,60 |
| | S2 | 0,45 | 0,54 | 0,50 | 0,82 | 6,25 |
| | S3 | 0,45 | 0,62 | 0,50 | 1,41 | 1,32 |

Los valores marcados en negrita, en la tabla 4, muestran el incumplimiento de los requisitos indicados en la norma EN 13374. En las columnas correspondientes a los resultados analíticos, se indican los valores obtenidos para el momento solicitación (M_{Sd}) y el momento que es capaz de resistir la sección (M_{Rd}). La comprobación en ELU exige que $M_{Rd} \geq M_{Sd}$. En las columnas correspondientes a los resultados experimentales se indican los valores de la carga de ensayo (F_{H1}), la resistencia última (R_u) y la flecha residual (δ_{res}).

Puede comprobarse en el sistema 1 que por ambos procedimientos se obtienen los mismos resultados. El poste cumple a ELU, aunque muy justo (0,48kN·m frente a 0,45kN·m), pero la barandilla no es capaz de superar la comprobación a flexión (0,18kN·m frente a 0,27kN·m).

En el caso de la barandilla, la condición establecida en el cálculo analítico (momento solicitación inferior al momento que resiste la sección) se comprobaría experimentalmente únicamente verificando que es capaz de aguantar la máxima carga de ensayo. Experimentalmente esta condición si se alcanza y son las otras dos condiciones, de flecha residual y resistencia última, las que hacen que el ensayo no se supere.

En el sistema 2 puede comprobarse que para la barandilla se obtienen las mismas conclusiones en el cálculo a ELU y en el ensayo de resistencia. Las discrepancias se generan en la comparación de los resultados para el poste. El poste cumple los cálculos en ELU y, sin embargo, cuando se ensaya no es capaz de superar el ensayo de resistencia porque si bien resiste la máxima carga de ensayo y además su resistencia última es superior a 1,2 veces la carga de ensayo, la flecha residual supera el 10% de la máxima flecha instantánea. Esto se debe a que los requisitos exigidos por la norma para el análisis experimental son superiores a los exigidos para el cálculo analítico. Al cálculo analítico sólo se le exige una de las condiciones exigidas para superar la vía experimental: que se resista la máxima carga de ensayo. Eso es lo que se hace en el cálculo analítico, comprobar que el momento que resiste la sección del elemento es superior al momento producido por la carga de cálculo, pero en el cálculo analítico no se piden las otras dos condiciones exigidas experimentalmente: la resistencia última y la flecha residual, y es precisamente esta última condición de flecha residual la que no ha cumplido el poste.

En el sistema 3, se obtienen los mismos resultados mediante el cálculo en ELU y el ensayo de resistencia.

Análisis de los resultados obtenidos en SPPB de madera

En la barandilla principal del sistema REC no se pudo obtener la medición total del desplazamiento máximo debido a que el dispositivo de ensayo llegó al final de su recorrido antes de alcanzar la carga máxima de ensayo de 0,60 kN, tomándose el valor de $\delta_{\text{máx}}$ para una carga de 0,59 kN. Por esta razón no se pudo obtener el valor del desplazamiento residual de la barandilla principal. Las flechas máximas superan en los tres casos el valor de 55 mm, no superando por tanto el ensayo prescrito en la norma EN 13374.

Cuando la carga se aplica en el centro de la barandilla intermedia, el comportamiento estructural es muy similar al que se produce cuando se carga sobre la barandilla principal. En este caso se miden menores desplazamientos debido a que el movimiento del poste es menor. Únicamente el sistema montado con la tabla C27 es capaz de superar el ensayo. La rigidez de las tablas C18 y REC es menor y la flecha de estos sistemas supera el valor de la flecha admisible (Tabla 3). Las tres tablas usadas como rodapié experimentan una flecha menor a la admisible, superando el ensayo (Tabla 3).

Debido a los grandes desplazamientos experimentados por los sistemas, cuando se realiza el ensayo de resistencia sobre el punto central de la barandilla superior, únicamente se puede completar el ensayo en la tabla TA, en las tablas CC y CA, antes de llegar a la carga de 0,60 kN, el desplazamiento experimentado por el sistema supera al máximo recorrido del gato. Los resultados obtenidos sobre los rodapiés permiten afirmar que los tres sistemas alcanzan la carga del ensayo con una flecha residual muy reducida. En todos los casos se ha superado el ensayo de resistencia, alcanzando la carga de ensayo sin plastificaciones ni roturas, con una flecha residual inferior al 10% de la flecha máxima y resistiendo una carga un 20% superior a la del ensayo.

Los resultados obtenidos sobre sistemas clase A fabricados con tablas de madera de espesor 22 mm permiten decir que:

1. Para cualquier calidad de la madera las tablas pueden colocarse como rodapiés superando todos los ensayos permitidos por la norma EN 13374.
2. Para cualquier calidad de la madera las tablas no pueden colocarse como barandilla principal.

3. Como barandilla intermedia, únicamente la tabla CC ha sido capaz de superar los ensayos indicados por la norma, quedando muy cerca del límite establecido para la comprobación de flecha. Las calidades TA y CA no son capaces de superar la norma.
4. Todas las tablas ensayadas han sido capaces de superar el ensayo de resistencia. El ensayo de flecha con una luz de 2400 mm entre postes ha sido más restrictivo. Para poder usar tablas de este espesor como barandillas, sería necesario disminuir la distancia entre los postes.

Adicionalmente se han realizado los mismos ensayos utilizando tablas de espesores 27, 30 y 40 mm. Los resultados permiten afirmar que únicamente las tablas de espesores 30 y 40 mm, en cualquier calidad han sido capaces de superar la evaluación de cargas estáticas de la norma EN 13374. Las tablas de espesor 27 mm no han superado el ensayo de flecha ni tan siquiera cuando su clasificación resistente ha sido C27.

SPPB con barandillas de madera. Comparación con la evaluación analítica

Tabla 5: Resultados analíticos en barandillas principales para madera de espesores 22 y 27 mm.

| SISTEMA | | | | Espesor 22 mm | | Espesor 27 mm | |
|---------|------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|---------------|-------------|
| | | | | C 18 | C 27 | C 18 | C 27 |
| ELU | Barandilla | PM | Flexión | M _{Sd} (kN·m) | 0,27 | 0,27 | 0,27 |
| | | | | M _{Rd} (kN·m) | 0,15 | 0,23 | 0,23 |
| | | Cortante | | V _{Sd} (kN) | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| | | | | V _{Rd} (kN) | 5,17 | 6,10 | 6,35 |
| | PE | Cortante | | V _{Sd} (kN) | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| | | | | V _{Rd} (kN) | 5,17 | 6,10 | 6,35 |
| | Poste | EM | Flexión | M _{Sd} (kN·m) | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| | | | | M _{Rd} (kN·m) | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| | | Cortante | | V _{Sd} (kN) | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| | | | | V _{Rd} (kN) | 14,25 | 14,25 | 14,25 |
| ELS | Sistema | | f _s (mm) | 79,20 | 63,52 | 46,09 | 37,61 |
| | Barandilla | | f _b (mm) | 72,13 | 56,45 | 39,02 | 30,54 |
| | Poste | | f _p (mm) | 7,07 | 7,07 | 7,07 | 7,07 |
| CA | Barandilla | PM | Flexión | M _{Sd} (kN·m) | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| | | | | M _{Rd} (kN·m) | 1,63 | 2,45 | 2,00 |
| | | Cortante | | V _{Sd} (kN) | 0,63 | 0,63 | 0,63 |
| | | | | V _{Rd} (kN) | 8,23 | 9,69 | 10,10 |
| | | PE | Cortante | V _{Sd} (kN) | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| | | | | V _{Rd} (kN) | 8,23 | 9,69 | 10,10 |

Para las barandillas principales de espesores 22 y 27 mm los resultados obtenidos, en función de la clasificación visual según el Anexo A de la norma UNE 56544 [4], se presentan en la tabla 5. Las características resistentes de la madera son las

correspondientes a las calidades C18 y C27. En la barandilla se ha comprobado la sección central (PM) y la cercana al apoyo (PE). En el poste se ha estudiado la sección correspondiente al empotramiento (EM).

Puede comprobarse que con ninguna de las dos calidades se supera el cálculo en ELS, obteniéndose movimientos de 63,52 mm y 79,20 mm en las clases C27 y C18 respectivamente, superiores a los 55 mm especificados por la norma UNE 13374. Además, los resultados indican que solo la tabla de madera de espesor 22 mm y colocada como biapoyada sobre dos apoyos rígidos supera la flecha indicada por la norma en las dos clases resistentes indicadas. Tampoco se supera la evaluación analítica en ELU por parte de las dos clases resistentes estudiadas cuando se estudia la resistencia a flexión en el punto central de la barandilla, en los dos casos el momento de cálculo es superior al momento flector que es capaz de resistir la sección. Únicamente se supera la evaluación para CA debido a que en este caso la carga se aplica en el sentido más favorable de la tabla, en la dirección de su lado mayor.

Los resultados analíticos para rodapiés de tablas de madera de espesor 22 mm indican que para las dos clases resistentes estudiadas se supera la evaluación en ELS. La evaluación en ELU únicamente se supera en el caso de la clase resistente C27. La clase C18 no es capaz de superar la evaluación a flexión cuando la carga se aplica en el punto central del rodapié.

La evaluación analítica para tablas de espesor 27 mm sólo se supera en ELU en el caso de la clase C27. La clase C18 posee una resistencia a flexión inferior al momento que solicita a la sección central. Tanto en ELS como para CA, la evaluación analítica cumple con los requisitos de la norma. En el caso del rodapié, la evaluación analítica cumple los requisitos de la norma.

La evaluación analítica efectuada indica que SPPB con la misma geometría que los evaluados experimentalmente realizados con tablas de madera de clases resistentes C18 y C27, de espesores de 30 y 40 mm superan los cálculos en ELU y ELS y para CA, tanto para las barandillas como para el rodapié.

CONCLUSIONES

La mayoría de los SPPB utilizados habitualmente en obras no cumplen los requisitos exigidos por la norma UNE 13374 cuando se evalúan experimentalmente.

La barandilla formada por tubo 25·1,5 no es capaz de superar los requisitos de la norma experimentalmente.

El poste de sección tubular cuadrada 35·1,5 no es capaz de superar el ensayo de resistencia de la norma UNE-EN 13374.

El sistema formado por tubo de acero 40·2 para el poste y la barandilla es capaz de superar satisfactoriamente las exigencias de la norma UNE-EN 13374 por vía experimental.

Sistemas formados por barandilla y poste de sección tubular 40·1,5 también serían capaces de superar los requisitos de la norma.

Con luces entre postes de 2400 mm, la tabla de madera de pino silvestre de 150 mm de ancho y espesor 22 no es capaz de superar la exigencia de la norma UNE 13374 usada como barandilla, siendo necesario recurrir a espesores de 30 mm.

La tabla de 150 x 22 mm de cualquier calidad es capaz de superar la exigencia de la norma usada como rodapié.

En las tablas de 22 la condición de flecha es más restrictiva que la condición de resistencia para luces entre postes de 2400 mm.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEN. "EN 13374: Temporary Edge Protection Systems. Product specification, test methods". European Committee for Standardization. 2004, CEN.
2. González, M.N.; Cobo, A.; Fuente, J.V.; Bresó, S.; Lozano, C. Comportamiento bajo cargas estáticas de sistemas provisionales de protección de borde realizados con elementos de acero. En: *Informes de la Construcción* **63**, 521 (2011): pp. 57-67.
3. González, M.N. (2010). *Consideraciones respecto de los sistemas provisionales de protección de borde*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid. ISBN: 978-84-694-6880-7.
4. AENOR. "UNE 56544: Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas". Madrid: Asociación Española de Normalización. 2007, AENOR.